

Zur

Anatomie der Retina.

Auszug aus der am 7. August 1871 von der medicinischen Facultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin gekrönten Preisschrift:

*Disquisitiones microscopicae de retinae structura institutae et imaginibus
illustratae, ratione inprimis habita partium, quae ad systema nervorum
atque ad substantiam coniunctivam pertineant.*

INAUGURAL-DISSERTATION,

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

VORGELEGT DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN

UND ÖFFENTLICH ZU VERTHEIDIGEN

am 29. Juni 1872

VON

Heinrich Caster

aus Oberheimbach a. Rh.

OPPONENTEN:

Theodor Tzschaschel, Dr. med.

Leopold Ewer, Dr. med.

Felix Eichelbaum, Cand. med.

BERLIN.

BUCHDRUCKEREI VON GUSTAV LANGE (OTTO LANGE).

Friedrichsstrasse 103.

Seinem theuren Vater,

dem

Lehrer Herrn Joh. Caster

in Dankbarkeit gewidmet

vom

Verfasser.

Ich fühle mich gedrungen, dem Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Reichert meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen: einmal dafür, dass er sich meiner immer mit so grossem Wohlwollen angenommen hat, als auch besonders dafür, dass er mir bei meinen Untersuchungen über den Bau der Netzhaut so bereitwillig die dazu nöthigen Instrumente überliess.

Obwohl die Retina sich dem blossen Auge als eine homogene Masse darbietet, so complicirt sich doch ihr Bau unendlich unter dem Mikroskope, und man ist gezwungen, einer leichteren Uebersicht wegen, ihre specifischen Gewebselemente, das Bindegewebsgerüst und ihre Blutgefässe, besonders zu betrachten. Obgleich die unter sich so verschiedenen specifischen Bestandtheile der Retina eine schwer zu trennende Continuität besitzen, so sind dieselben doch auch so gruppirt, dass sie mehr oder weniger getrennte Lagen oder Schichten bilden, welche theils aus gewöhnlichen mikroskopischen Bestandtheilen des Nervensystems: Nervenfasern, Ganglienkörpern, Kernen bestehen, theils aus der Netzhaut eigenthümlichen Gebilden: Stäbchen, Zapfen etc.

In verschiedenen Zeiten wurde die Retina in verschiedene Schichten abgetheilt. Es würde mich zu weit führen, wollte ich hier die Geschichte ihrer Eintheilung niederlegen. Ich theile sie, W. Krause einigermassen folgend, von aussen nach innen in zehn Lagen ein und werde sie auch in dieser Reihenfolge behandeln, ohne auf ihre physiologische Bedeutung Rücksicht zu nehmen.

- | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------|----------------|----------|--|
| 1) Stäbchenschicht | <table border="0"> <tr> <td rowspan="4">{</td> <td>Stäbchen</td> <td rowspan="2">} Aussenglieder.</td> </tr> <tr> <td>Zapfen</td> <td rowspan="2">} Innenglieder.</td> </tr> <tr> <td>Nadeln.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pigment.</td> <td></td> </tr> </table> | { | Stäbchen | } Aussenglieder. | Zapfen | } Innenglieder. | Nadeln. | | Pigment. | |
| { | Stäbchen | | } Aussenglieder. | | | | | | | |
| | Zapfen | | | } Innenglieder. | | | | | | |
| | Nadeln. | | | | | | | | | |
| | Pigment. | | | | | | | | | |
| 2) Membrana limitans externa. | | | | | | | | | | |
| 3) Aeussere Körner-
schicht | <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>Stäbchenkörner</td> <td rowspan="2">} Stützfasern.</td> </tr> <tr> <td>Zapfenkörner</td> </tr> </table> | { | Stäbchenkörner | } Stützfasern. | Zapfenkörner | | | | | |
| { | Stäbchenkörner | | } Stützfasern. | | | | | | | |
| | Zapfenkörner | | | | | | | | | |
| 4) Zapfen- und
Stäbchen-
faserschicht | <table border="0"> <tr> <td rowspan="4">{</td> <td>Zapfenfasern</td> <td rowspan="4">} Stützfasern.</td> </tr> <tr> <td>Stäbchenfasern</td> </tr> <tr> <td>Zapfenkegel</td> </tr> <tr> <td>Stäbchenkegel</td> </tr> </table> | { | Zapfenfasern | } Stützfasern. | Stäbchenfasern | Zapfenkegel | Stäbchenkegel | | | |
| { | Zapfenfasern | | } Stützfasern. | | | | | | | |
| | Stäbchenfasern | | | | | | | | | |
| | Zapfenkegel | | | | | | | | | |
| | Stäbchenkegel | | | | | | | | | |
| 5) Zwischenkörnerschicht. | | | | | | | | | | |
| 6) Innere Körner-
schicht | <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>Körner</td> <td rowspan="2">} Stütz-
fasern.</td> </tr> <tr> <td>Kerne der Stützfasern</td> </tr> </table> | { | Körner | } Stütz-
fasern. | Kerne der Stützfasern | | | | | |
| { | Körner | | } Stütz-
fasern. | | | | | | | |
| | Kerne der Stützfasern | | | | | | | | | |
| 7) Granulirte Schicht | <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">{</td> <td>Ausläufer der</td> <td rowspan="3">} Stützfasern.</td> </tr> <tr> <td>inneren Körner</td> </tr> <tr> <td>Ausläufer der</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ganglienzellen</td> <td></td> </tr> </table> | { | Ausläufer der | } Stützfasern. | inneren Körner | Ausläufer der | | Ganglienzellen | | |
| { | Ausläufer der | | } Stützfasern. | | | | | | | |
| | inneren Körner | | | | | | | | | |
| | Ausläufer der | | | | | | | | | |
| | Ganglienzellen | | | | | | | | | |
| 8) Ganglienzellenschicht — | Stützfasern. | | | | | | | | | |
| 9) Optikusfaserschicht — | Stützfasern. | | | | | | | | | |
| 10) Membrana limitans interna. | | | | | | | | | | |

1. Die Stäbchenschicht,

welche enthält: Stäbchen, Zapfen, Nadeln, Pigment.

Historisches.

Die Stäbchen der Retina wurden zuerst von Leeuwenhoek (1722) entdeckt, waren dann eine Zeit lang gänzlich unbekannt, bis im Jahre 1835 Huschke und Treviranus fast gleichzeitig wieder darauf aufmerksam machten. Der Entdeckung der Stäbchen folgte die der Zapfen durch Gottsche (1836), der Ganglienzellen durch Valentin und C. Krause (1842).

Lange Zeit blieb des Letzteren Eintheilung der Retina von aussen nach innen in die Strata bacillosum, granulosum, fibrillosum, globulosum die massgebende. Erst durch H. Müller und Kolliker erhielt die Eintheilung der Retina einen neuen Charakter, indem dieselben die von Hannover vorgeschlagene Chromsäure in Anwendung brachten. H. Müller zeigte zugleich, dass in der Retina Radialfasern vorhanden sind, welche die meisten und namentlich die inneren Schichten in senkrechter Richtung durchsetzen, die inneren Enden derselben waren bereits von Michaelis (1837) gesehen worden.

Die Retina folgt unmittelbar auf die Chorioidea und stellt sich, von der Fläche betrachtet, als zierliches, mosaikähnliches Gefüge dar. Da die Zapfen von concentrischen Reihen von Stäbchen umgeben sind, und jene in regulären Linien stehen, so entstehen dadurch die mannichfaltigsten Figuren: bald erscheinen wirbelartige Aufstellungen der Zapfen, bald stehen sie in Linien, wie die Haare eines regulär gekämmten Pelzes liegen. Das beste Object, diese Mosaik zu betrachten, bildet ein Stückchen frischer Retina mit emporgerichteter Aussenfläche ohne Deckgläschen unter das Mikroskop gebracht.

Die Stäbchen sind cylinderförmig, von einer stark lichtbrechenden Substanz, mit mattem Fettglanz und ohne Hülle. Am besten conserviren sie sich in der Müller'schen Flüssigkeit (Kali bichrom. 0,6, Natr. sulph. 0,3, Aqua dest. 90,0), ebenso in concentrirter Oxalsäurelösung. Auch Schwefelsäure von 0,6% ist

für die Stäbchen zweckmässig. Dieselben sind 0,063 bis 0,081 Mm. lang und 0,0018 Mm. dick, stehen senkrecht, wie Palisaden auf den übrigen Schichten und besitzen eine solche Zartheit und Veränderlichkeit, dass sie schon durch blossen Wasserzusatz ihre Form und ihre sonstigen Eigenschaften bis zur Unkenntlichkeit verlieren. Die Stäbchen zerfallen in zwei, sogar in frischem Zustande durch eine scharfe, oftmals doppelte Demarkationslinie getrennte Abtheilungen, welche nicht bloss optische, sondern auch chemische Verschiedenheiten zeigen. Verhältnissmässig leicht wird die Erkennung der Aussen- und Innenglieder am ganz frischen Auge unter Zugabe von Humor aqueus und vitreus. Bei mit der Müller'schen Flüssigkeit behandelten Augen nimmt der feine Querstreifen bei durchfallendem Lichte eine röthliche Färbung an. Dass diese Demarkationslinie auf einem wirklichen morphologischen Unterschiede im Baue der beiden Abtheilungen beruht, geht schon daraus hervor, dass die Stäbchen in dieser Linie häufig abbrechen, und mir sehr viele Präparate zu Gesicht gekommen sind, bei welchen nur mehr die innere Abtheilung derselben stehen geblieben war. Durch Zusatz von Wasser kann man es jedesmal dahin bringen, dass die Aussenglieder sich verzerren, in Unordnung gerathen und zum Theil abbrechen, während die Innenglieder in schönster Ordnung stehen bleiben.

Die Aussenglieder zeichnen sich besonders durch ihre scharfen, dunklen Contouren und durch ihre glashelle Substanz aus. Sie sind am äusseren Ende häufig

quer abgestutzt und haben eine Länge von 0,006 bis 0,007 Mm. Sie sind mit ihrem äusseren Ende eingebettet in Pigmentzellen, welche regelmässige, polygonale Pflasterzellen vorstellen, in denen die Pigmentanhäufung den Grund einnimmt, während der obere Theil der Zelle vollkommen klar und durchsichtig erscheint. In diese Zellen nun ragen in einer mehr oder minder grossen Anzahl, je nach der Grösse der Zellen, die Aussenglieder hinein und erweisen sich häufig fester mit ihnen verbunden, als mit den Innengliedern, denn häufig sieht man, dass beim Abheben des Pigments erhärteter Augen, die Stäbchen dem Pigment folgen und an oder in der Nähe der Membr. limit. ext. abbrechen. Von diesen Pigmentzellen gehen feine, haarförmige Fortsätze in der Form von langen Wimpern zwischen die Stäbchen und Zapfen hinein. Sie erstrecken sich in der Regel bis zur Gegend der Querlinie zwischen Aussen- und Innenglied. Der Raum für die Pigmentzellfortsätze ergibt sich daraus, dass die Innenglieder der Stäbchen meist etwas dicker sind, als ihre Aussenglieder.

Was die Zusammensetzung der Aussenglieder aus Plättchen von verschiedenen stark lichtbrechenden Substanzen betrifft, welche von einigen bis auf den heutigen Tag geleugnet wird, so bin ich im Stande, etwas Bestimmtes darüber anzugeben.

Da die Frösche im Verhältniss sehr grosse Stäbchen haben, so wählte ich diese zu meinen Untersuchungen über diesen Punkt. Zwei Augen untersuchte ich ganz frisch, die übrigen legte ich theils in verschiedene

Grade von Jodserum, theils in Salzsäure oder Salpetersäure in sehr hochgradiger Verdünnung. Die Stäbchen der beiden frischen Augen zeigten zu meinem grössten Erstaunen anstatt der erwarteten Plättchenstructur eine ganz deutliche Längsstreifung, welche nahezu parallel war. Darauf setzte ich zu dem Präparate vorsichtig etwas Glycerin mit einem Tropfen Essigsäure und hatte nun folgendes Bild vor mir: Das vorher gerade Stäbchen hatte Schrumpfungerscheinungen angenommen und die parallelen Längsstreifen sahen aus wie Wellen. Dieser Versuch nahm etwa eine Stunde in Anspruch. Nach Verlauf derselben nahm ich das Auge, welches ich geöffnet in verdünntes Jodserum gelegt hatte. Hier sah ich nun ganz deutlich, wie sich einige von den Stäbchen in Plättchen differenzirt hatten, welche an manchen nur durch eine quere Streifung, an anderen aber durch einen vollständigen Zerfall in dieselben markirt waren. Die Stäbchen der Retina, welche in Salpetersäure gelegen hatten, waren fast sämmtlich in ihrer ursprünglichen Gestalt geblieben und zeigten die Plättchenstructur nur stellenweise und sehr undeutlich.

Noch wollte ich den Einfluss der Essigsäure auf die Aussenglieder prüfen. Zu diesem Behufe liess ich dieselbe zu einem frischen Präparate langsam hinzutreten. Sobald die Essigsäure das äussere Ende der Stäbchen erreicht hatte, begannen dieselben krummer zu werden und die Plättchenstructur vollkommen zu zeigen.

So glaube ich denn durch meine Untersuchungen

vollständig die Ansicht der neueren Forscher bestätigen zu können, dass die Aussenglieder der Stäbchen aus queren Scheiben bestehen, welche Eigenschaft ganz characteristisch für diesen Theil der Retina ist.

Ein gewichtiger Gegner der Plättchenstructur der Stäbchenaussenglieder ist W. Krause.¹⁾ Derselbe führt gegen sie an, dass sich die Ansichten über dieselbe zu sehr widersprüchen, als dass sie als wirklich existirend angenommen werden können. Er sagt nämlich: „Das Aussenglied wird als aus Plättchen zusammengesetzt angesehen und doch soll es eine, drei oder mehrere Fasern enthalten.“ Dass er unter diesen Fasern die von Vielen gesehene Längsstreifung versteht, geht aus einem anderen Satze hervor, welcher lautet: „Die Befunde der Längsstreifung und Querstreifung der Aussenglieder bei den Stäbchen widersprechen sich offenbar vollkommen.“ Dass sich diese Befunde offenbar nicht widersprechen, glaube ich oben deutlich gezeigt zu haben. Ich will zugeben, dass die Längsstreifung ein Gebilde sei, welches durch bestimmte Reagentien hervorgerufen werde, aber niemals kann ich mich überzeugen lassen, dass diese die Plättchenstructur vollkommen ausschliesse. Dass eine Längsstreifung einen Zerfall in quere Schnittchen nicht ausschliesst, hat ein Analogon in der feineren Structur der Muskelfasern. Alle quergestreiften Muskelfasern können ja bekanntlich sowohl in Fibrillen als in Bowman'sche Discs zerfallen. Wenn dieser

¹⁾ Die Membrana fenestrata der Retina, S. 22.

Vergleich auch nicht ganz genau passt, so darf ich ihn doch um so eher aufrecht erhalten, als es von einigen neueren Forschern constatirt worden ist, dass bei den Stäbchen des Frosches statt der Zerklüftung in Scheibchen, auch Längsspalten auftreten können. Man könnte sogar aus diesen beiden Bruchrichtungen schliessen, dass die Stäbchen weder bloss aus queren Scheibchen, noch bloss aus Längsfasern, sondern aus etwa kubischen Stückchen müssen aufgebaut sein, wodurch sich denn auch der staffelförmige Bruch erklärt, den man so häufig beobachtet.

Was nun die Innenglieder der Stäbchen und ihr so oft angezewifelter Axenfaden betrifft, so bin ich im Stande, auch darüber Einiges anzugeben. An solchen Präparaten, welche ich 24 Stunden in Jodserum mace- rirt hatte, quollen die Innenglieder zu allerlei sonderbaren Gestalten, bald kugelig, bald länglich. Aber immer liessen sie deutlich eine Faser erkennen, welche bald central, bald verschoben in dem gequollenen Innengliede lag. Niemals reichte der Faden jedoch vollständig bis an das Aussenglied heran, stets aber, wenn er nicht zu sehr verschoben war, bis an das innere Ende des Innengliedes. Dass diese Axenfaser nicht bis zum äusseren Ende des Innengliedes vollständig heran- reicht, hat seinen guten Grund. Bei recht schneller Präparation von frischen Froschaugen, sah ich häufig das Innenglied noch nicht ganz granulirt, sondern nur das äusserste Ende des Innengliedes. Es schied sich ein Körper von ellipsoider Gestalt von der übrigen Masse deutlich ab. An diesen Körper setzt sich die

Axenfaser des Innengliedes direct mit einer kleinen knopfförmigen Anschwellung an, wie ich es mehrmal an Essigsäurepräparaten gesehen habe. Beim Frosch und der Taube kann man das Ellipsoid in ganz frischem Zustande in der Flüssigkeit des Glaskörpers deutlich wahrnehmen.

Was die Zapfen betrifft, so kann ich mich mit den Ergebnissen der neuesten Forschung einverstanden erklären und will hier nur einige Worte über das Verhältniss der Zapfen zu den Stäbchen mittheilen. Es ist ein Irrthum, wenn manche Autoren behaupten, die Zahl der Zapfen nehme von dem gelben Flecke zur Ora serrata hin continuirlich ab: überall (natürlich mit Ausnahme der Macula lutea und der Pars ciliaris) stehen in der kürzesten Entfernung zwischen zwei Zapfen 3—4 Stäbchen. Aber an der Ora serrata wird auf einmal die Zahl der Stäbchen viel geringer und die Zapfen nehmen eine wesentlich veränderte Gestalt an. Die Ora serrata überhaupt verhält sich folgendermassen: Zuerst schwinden Stäbchen und Zapfen, dann die Körnerschichten mit der Zwischenkörnerschicht, die fein granulirte Schicht endet rasch in der Art, dass der Durchschnitt einem abgestumpften Kegel gleicht. Nervenfasern und Ganglienzellen verlieren sich allmählig. Es bleiben dann nur noch die beiden Limitantes übrig, mit den kürzer, aber breiter und Cylinderzellen ähnlich gewordenen Stützfasern.

Zuletzt habe ich noch ein Gebilde der Stäbchenschicht zu beschreiben, welches meiner Ansicht nach constant bei allen Säugethieren vorkommt, wenigstens

habe ich es gesehen bei dem Pferde, Rinde, Schaf und Kaninchen; es sind dies die sogenannten Nadeln. Bis jetzt haben nur wenige Forscher dieselben gesehen und beschrieben. An dem Auge eines Pferdes, welches längere Zeit in Chromsäure gehärtet war, bemerkte ich an Stellen, wo an meinen Präparaten Stäbchen und Zapfen durch mechanische Insulte abgefallen waren, hier und da kleine Gebilde, welche an der Membr. limit. ext. sassen, nach aussen spitz, nach innen mit etwas breiterer Basis. Sie sind jedoch im Ganzen so schmal, dass sie selbst bei 500facher Vergrösserung wie dünne schwarze Striche erscheinen. Mehremals sah ich 2—4 solcher Nadeln neben einander in fast gleichen Abständen. Einmal auf die Existenz derselben mit Sicherheit aufmerksam gemacht, suchte ich weiter und fand, dass dieselben immer nur da stehen, wo ein Stäbchen neben einem Zapfen steht, so dass sie also die Lücken ausfüllen, welche die Zapfenkörper mit den Stäbcheninnengliedern bilden. Auch an Augen, welche in der Müller'schen Flüssigkeit gelegen hatten, waren die Nadeln constant zu sehen. E. Landolt (Archiv für mikroskopische Anatomie 1870) will diese Nadeln auch zwischen zwei Stäbchen gesehen haben, was mir in der That niemals gelungen ist, immer fand ich diese Gebilde zwischen je einem Stäbchen und Zapfen.

2. *Membrana limitans externa.*

Historisches.

Während diese Schicht schon von Pacini (1845) entdeckt war, erkannten erst Remak (1856) und M.

Schultze (1859) die Gegenwart einer besonderen Membran zwischen der Stäbchen- und äusseren Körnerschicht, die letzterer Beobachter *Membrana limitans externa* nannte. Dieselbe wird von den Stäbchen und Zapfen an ihrer Basis durchbohrt, wovon zuerst W. Krause (1868) eine Abbildung auf der Flächenansicht gab.

Diese Membran bildet die äussere Begrenzung des inneren Blattes der secundären Augenblase; sie ist, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, dem Ependym der Gehirnventrikel analog. Sie wird von allen Stäbchen und Zapfen durchbohrt, so dass sie eben so viele Löcher hat, als Stäbchen und Zapfen vorhanden sind; diese Löcher sind entsprechend den dünneren Stäbchen und dickeren Zapfen klein oder grösser. Die *Membr. limit. ext.* ist übrigens nicht weniger, als die *interna* eine nach aussen zu einer platten Lamelle verdichtete Schicht derjenigen Binde substanz, welche in wechselnden Formen die Retina durchzieht, da sie aber von so vielen Elementen durchsetzt ist, so ist es bis jetzt noch Niemandem gelungen, Stücke von ihr in Continuität abzuheben, wie dies bei der *interna* wirklich der Fall ist.

Am besten zeigte sich mir diese Membran, sowie das ganze Bindegewebsgerüst an den Augen des Flussbarses. Zu diesem Behufe legte ich den im Aequator durchschnittenen Bulbus in eine hochverdünnte Lösung der Chromsäure (0,06 : 180) zwei Tage lang. Während so einmal die bindegewebige Zwischensubstanz erkennbar wird, kommt dieser Verdünnung auch noch die

treffliche Eigenschaft zu, an den feinen, nervösen Fasern Varikositäten zu bewirken und so die Unterscheidung beider Fasersysteme zu ermöglichen. Eben so gut ist die concentrirte, wässrige Lösung der Oxalsäure (1 Gr. reines krystallinisches Säurehydrat auf 15 Gr. Aqu. dest.). Sie lässt die bindegewebigen Structuren aufquellen und durchsichtig werden. Ferner erhält eine Schwefelsäure von 0,6% die Elemente des Bindegewebsgerüsts sehr gut.

3. *Äussere Körnerschicht*

mit den Stäbchen- und Zapfenkörnern nebst bindegewebigen Stützfasern und Fasern nervöser Natur.

Historisches.

An den äusseren Körnern der Säugethiere bemerkte Henle (1864) einen wesentlichen Unterschied der Stäbchenkörner von den inneren Körnern. Sie sind nämlich quergestreift auf senkrechten Durchschnitten der frischen Retina. Diese Angabe wurde durch Ritter, M. Schultze, Hasse und andere bestätigt. Krause hob (1868) hervor, dass die Scheiben der stärker und schwächer lichtbrechenden Substanzen biconcav, zum Theil auch convex-concav sind. Eine analoge, nur viel feinere Querstreifung fand derselbe (1868) an den Zapfenkörnern. Die erste wichtige Beobachtung über die Körnerschicht rührt von Pacini her, welcher zuerst den Zusammenhang der Körner und der Stäbchen entdeckte.

Die Stäbchen gehen theils an ihrem inneren Ende

direct in einen Faden über, theils spitzen sie sich zuerst zu einer feinen Spitze zu, welche sich dann in einen feinen Faden fortsetzt, der sich gerade in die Körnerschicht biegt. Die Spitze muss sich aber nicht jedesmal in feinen Faden verlängern, sondern steht bei manchen Stäbchen direct mit einem Stäbchenkorne in Verbindung, welches letztere dann unmittelbar an die Membr. limit. ext. zu liegen kommt. Auch sitzt oft ein Korn dem Innengliede eines Stäbchen unmittelbar auf, so dass ein Zuspitzen desselben unmöglich wird. Viele von den zu den Stäbchen gehörenden Körnern findet man hart an der Zwischenkörnerschicht liegen, und dieser Lage entsprechend ist das Fädchen von beträchtlicher Länge. Diese Stäbchenfäden werden also, wie schon angedeutet, an gewissen Stellen unterbrochen von Körperchen, welche eine exquisite ellipsoidische Form zeigen und in solcher Häufigkeit vorhanden sind, dass sie den Raum zwischen den Zapfenfasern ganz ausfüllen.

Dass die Stäbchenkörner eine Querstreifung zeigen, ist schon lange bekannt. Sie ist eine Folge von stark und schwach lichtbrechenden Schichten, welche so liegen, dass sie der Membr. limit. ext. parallel sind. Zuerst kommt von aussen nach innen gerechnet eine dunkle Schicht, dann eine helle und den Schluss macht stets eine dunkle Scheibe. Für gewöhnlich sind drei dunkle Streifen in den Stäbchenkörnern zu erkennen, es kommt aber auch nicht selten vor, dass deren 4—5 vorhanden sind, stets aber ist die Anordnung so, dass

das innere und das äussere Ende des ellipsoidischen Kornes von einem dunklen Streifen eingenommen wird.

Recht deutlich ist diese Querstreifung an Essigsäure-Präparaten von Pferd-, Schaaf- und Kaninchenaugen zu sehen. In verdünnter Lösung von chromsaurem Kali erhalten sich die Querstreifen einige Tage, vorausgesetzt, dass die Augen vor dem oder eben nach dem Erkalten in die erhärtende Flüssigkeit gelegt wurden. Auch an frischen Augen, welche noch warm sind, kann man die Querstreifen der Körner ohne Mühe finden. Man bedarf dazu einer Vergrösserung von 300—500. Einige Stunden nach dem Tode verschwinden die Querstreifen. Der gewöhnliche Zeitraum, nach dessen Verlauf sie geschwunden sind, beträgt ungefähr 12 Stunden. Nach ihrem Vergehen erhalten die Körner das gewöhnlich beschriebene, leicht granulirte Ansehen, welches auf einem Zerfallen der Substanz der Querstreifen beruht.

Was nun die viel bestrittene Querstreifung der Zapfenkörner betrifft, so ist dieselbe nicht nur viel schwerer zu sehen, als die der Stäbchenkörner, sondern sie unterscheidet sich auch noch in vielen Punkten von der letzteren. Erstens ist sie nicht so deutlich ausgeprägt, wie jene, und dann sind weit mehr abwechselnde Schichten von Hell und Dunkel vorhanden. So beobachtete ich öfters 6—7 dunkle Streifen, aber immer liegt, wie bei den Stäbchenkörnern, eine stärker lichtbrechende Substanz an dem inneren, dem Glaskörper zugekehrten Ende des Zapfenkornes, sowie an dem äusseren Ende desselben. Ein charakteristischer

Unterschied der beiden Querstreifungen ist noch der, dass die mittleren Scheiben der stärker lichtbrechenden Substanz bei den Stäbchenkörnern biconcav, die äusserste und innerste convex-concav sind, während dies bei den Zapfenkörnern durchaus nicht zu bemerken ist. Die letzteren erscheinen viel schwächer gestreift; manchmal scheint ein Streifen nicht durch die ganze Breite des Kornes hindurch zu gehen, manchmal sind bloss Andeutungen einer Querstreifung zu bemerken, was mich aber doch nicht davon abhält, zu behaupten, dass die Querstreifung wirklich vorhanden ist. Am deutlichsten habe ich die Querstreifung der Zapfenkörner bemerkt an Taubenaugen, welche in der angegebenen Essigsäurelösung gehärtet worden waren und bei 500—750facher Vergrösserung. Auch an einer frischen, in Glaskörperflüssigkeit untersuchten Taubenretina war diese Querstreifung zu sehen, weshalb ich glaube, nicht zu weit zu gehen, wenn ich behaupte, dass dieselbe auch im Leben vorkomme, und dass man annehmen kann, dass die Zapfenkörner, ebenso wie die Stäbchenkörner aus Schichten oder Scheiben von stärker und schwächer lichtbrechender Substanz zusammengesetzt sind. Die Zapfen erscheinen auch hier wiederum als die feineren Apparate, nicht nur wegen ihrer vergänglicheren Natur, sondern auch weil ihre Körner aus viel dünneren Scheibchen zusammengesetzt erscheinen, als die Stäbchenkörner.

4. *Zapfen- und Stäbchenfaserschicht,*

enthaltend: Zapfen- und Stäbchenfasern nebst Zapfen- und Stäbchenkegel und Stützfasern. Mit Absicht habe

ich bisher von dem inneren Theile der Zapfen- und Stäbchenfasern nichts gesagt, indem ich es für besser hielt, denselben besonders zu betrachten, obwohl ich ihn nicht für eine besondere Schicht der Retina halte.

Jedes Zapfenkorn verlängert sich, wie bekannt, in einen blassen 0,003 Mm. dicken, platten Faden, welcher, in die Nähe der Zwischenkörnerschicht gekommen, cylindrisch wird, kegelförmig oder glockenähnlich anschwillt und sich an die Zwischenkörnerschicht ansetzt, indem es manchmal kleine Vakuolen zeigt. W. Krause führte für diese Anschwellung den Namen „Zapfenkegel“ ein. Gelingt es, einen Zapfenkegel zu isoliren und ihn von der Zwischenkörnerschicht abzureissen, so lassen sich ganz deutlich feine Fibrillen erkennen, in welche er auszustrahlen scheint. Diese Fibrillen, deren Zahl unbestimmt ist, setzen sich in der Zwischenkörnerschicht nicht radial fort, sondern verlieren sich, indem sie nach verschiedenen Richtungen auseinander laufen, in dieselbe hinein.

Die Stäbchenfasern ziehen, wie die Zapfenfasern nach der Zwischenkörnerschicht hin und sollen hier mit einer spindelförmigen Anschwellung endigen, welche W. Krause²⁾ „Stäbchenkegel“ nannte. Diese Meinung, glaube ich ergänzen zu dürfen, indem es mir gelungen ist, an einzelnen Präparaten von in Chromsäure erhärteten Frosch- und Kaninchenaugen, mich zu überzeugen, dass auch die Stäbchenkegel im Zusammenhange mit der Zwischenkörnerschicht stehen.

²⁾ Die Membrana fenestrata der Retina, S. 16.

Zuerst untersuchte ich in Bezug auf diesen Zusammenhang die Retina des Frosches, bei welcher es mit einer gewissen Sicherheit fast jedesmal zu sehen ist, wie die Stäbchenfaser, sobald sie in die Nähe der Zwischenkörnerschicht kommt, kegelförmig anschwillt und sich direct an dieselbe ansetzt. Oft sah ich nun, besonders, wenn ein solcher Stäbchenkegel aus dem Zusammenhange mit der Zwischenkörnerschicht herausgerissen war, von demselben einen feinen Faden ausgehen, welcher ebenso dick ist und von derselben Beschaffenheit zu sein scheint, wie die Stäbchenfaser. Nachdem ich diese Continuität einmal beim Frosch gesehen hatte, war es mir verhältnissmässig leicht, dieselbe auch bei dem Kaninchenauge zu finden. Bei den Stäbchenkegeln des Kaninchens konnte ich auch manchmal die von anderen gesehenen Vakuolen finden. Aus diesen Vakuolen schliesse ich, dass die Stäbchenkegel sich, wie die Zapfenkegel, in feine Fibrillen theilen und sich mit diesen in der Zwischenkörnerschicht verlieren. Denn die gesehenen Vakuolen erkläre ich mir entstanden durch die Lücken oder Zwischenräume zwischen den einzelnen Fibrillen. Die besten Dienste that mir auch hier die 3%haltige Essigsäurelösung.

Ueber das Vorhandensein von bindegewebigen Stützfasern in der äusseren Körnerschicht und in der Stäbchen- und Zapfenfaserschicht gehen die Meinungen noch weit auseinander. Ich will daher zuerst die Behauptungen derjenigen beiden Forscher, welche am schroffsten einander gegenüberstehen, anführen und dann zu dem übergehen, was ich gefunden habe.

M. Schultze³⁾ lässt die radialen Stützfasern aus der Zwischenkörnerschicht in die der äusseren Körner eintreten, sich auflösen in ein feines die Körner umspinnendes Netz und scharf endigen an der Stäbchenschicht.

W. Krause⁴⁾ dagegen behauptet: „An Stellen, wo die Stäbchenkörner grösstentheils verloren gegangen sind, und die übrig gebliebenen Stäbchenfasern sich zu einem rauhen, verworrenen Netzwerk zusammengefilzt haben, sieht es natürlich so aus, als ob die Radialfasern die Zwischenkörnerschicht durchsetzten und sich an die Membr. limit. ext. inserirten. Irgend welche andere Radialfasern, mit Ausnahme der Zapfen- und Stäbchenfasern in der äusseren Körnerschicht existiren nirgends und bei keinem Wirbelthiere.“

Durch Anwendung der schwächsten Chromsäure- und wässriger Oxalsäurelösung erhielt ich Bilder, welche mir auf das bestimmteste darthaten, dass in der Stäbchen- und Zapfenfaserschicht bindegewebige Stützfasern vorkommen. Ich erhielt an Zerzupfungspräparaten oft Bilder, an welchen ich deutlich radiale, bindegewebige Stützfasern in Verbindung mit der Zwischenkörnerschicht sah, und auf der anderen Seite verloren sie sich in die äusseren Körner. Freilich sind sie zarter und geringer an Anzahl, als in den anderen Schichten, so dass sie leicht übersehen werden können.

³⁾ Arch. f. mikroskop. Anatomie. 1867. Bd. III. S. 230.

⁴⁾ Die Membrana fenestrata der Retina, S. 19.

5. Die Zwischenkörnerschicht.

Historisches.

Diese Schicht hatten H. Müller (1856) und Henle (1865) als fein granulirte, M. Schultze (1859) als aus fein netzförmigem Bindegewebe bestehend beschrieben. M. Schultze (1866) glaubte, dass die Zapfenkegel in zahlreiche, sehr feine Fäden pinselförmig ausstrahlten, welche in mehr horizontaler Richtung das netzförmige Bindegewebe durchsetzten, um in den inneren Retinaschichten mit Nervenfasern in Verbindung zu treten. Hasse (1867) meinte drei Fortsetzungen von den Zapfenkegeln ausgehen zu sehen, welche mit Nervenfasern in Verbindung ständen, und hierauf begründete Kölliker (1867) sein Schema von der Verbindung der nervösen Retina-Elemente unter einander.

W. Krause beschrieb im Jahre 1868 an Stelle der bisherigen Zwischenkörnerschicht seine „Membrana fenestrata“. Da es mir nicht möglich war, seine Ansicht zu bestätigen, sondern meine Untersuchungen mich eines anderen belehrten, so will ich zuerst die Meinung dieses so hoch verdienten Mannes hier anführen. Er sagt von Flächenschnitten dieser Schicht: Man sieht eine sehr durchsichtige, fein granulirte Membran, welche in ziemlich regelmässigen Abständen von Lücken durchbrochen, also gefenestert ist. Die Membr. fenest. ist aus Zellen zusammengesetzt. Letztere sind gross, unregelmässig, multipolar, mit längeren und kürzeren, auch verästelten Ausläufern versehen. Durch Verschmelzung dieser Zellen entsteht die geschilderte

Membran.⁶ Die Ausläufer der Zellen verbinden sich zum Theil direct untereinander, zum Theil ragt ein Ausläufer der einen Zelle zwischen zwei Ausläufern der benachbarten Zelle hinein. Entweder wird auf diese Art der Zwischenraum zwischen zwei Ausläufern derselben Zelle ganz ausgefüllt, oder es bleiben Lücken zwischen denselben. Auch die Zellen selbst können Lücken enthalten. Die Grenzen der Zellen erscheinen auf der Flächenansicht der Membran als zarte Linien. Die Zellen enthalten Kerne und sind an ihrem körnigen Inhalt leicht von den ganz durchsichtigen Löchern der Membran zu unterscheiden. Die Stäbchen- und Zapfenfasern endigen in platten, unzweifelhaft bindegewebigen Zellen der Membr. fenestr., welche nach der anderen Seite hin mit den ebenfalls unzweifelhaft bindegewebigen Radialfasern und durch dieselben mit der Membr. limit. int. zusammenhängen. Die Lücken der Membr. fenestr. sind nicht leer. In dieselben ragen die äussersten Körner der inneren Körnerschicht hinein. Man sieht sie selten in den Lücken selbst; gemeinlich erscheinen sie an den Querschnitten in einer Reihe unterhalb der Durchschnittslinie der Membr. fenestr.

Ich machte Flächenschnitte an gefrorenen Augen, welche vorher entweder in verdünnter Chromsäure oder in der Müller'schen Flüssigkeit gehärtet waren und sah die Zwischenkörnerschicht als eine durchsichtige, feingranulirte Membran. Hier und da war sie von Lücken durchbrochen, welche aber so unregelmässig ausgezackt und so verschieden auf die ganze Fläche

vertheilt waren, dass ich unmöglich annehmen konnte, dass es sich hier um Gebilde handele, welche auch im Leben existirten. Die Lücken erkläre ich mir einfach auf folgende Weise: Da die Stäbchen- und Zapfenkegel mit der Zwischenkörnerschicht verbunden sind oder vielmehr Fasern in dieselbe hineinsenden, welche aller Wahrscheinlichkeit nach diese ganze Schicht durchsetzen, so ist es ganz natürlich, dass durch das Abstreifen der äusseren Körnerschicht von der Zwischenkörnerschicht Lücken in dieser entstehen müssen. Dieselben werden dadurch hervorgebracht, dass die Cohärenz der Stäbchen- und Zapfenkegel mit der Zwischenkörnerschicht grösser ist, als die der Substanz dieser Schicht. Durch diese zufälligen Lücken hindurch sah man auch Körner der inneren Körnerschicht deutlicher, als durch die Substanz dieser durchscheinenden Membran, weshalb es auch scheinen konnte, als rage in jede Lücke ein inneres Korn hinein. Dass die Zwischenkörnerschicht aus Zellen zusammengesetzt sein soll, ist mir an keinem Präparate klar geworden. Auch war ich nie so glücklich, eine einzelne Zelle zu erhalten, wie es W. Krause oft gelungen ist. Derselbe sagt: die Grenzen der einzelnen Zellen erscheinen auf der Flächenansicht der Membran als zarte Linien. Diese zarten Linien bemerkte ich zwar auch bei starker Vergrösserung, halte sie jedoch nicht für die Grenzen einzelner Zellen, sondern für feinste, nervöse Fasern, Fortsetzungen der Stäbchen- und Zapfenfasern, welche durch den Durchschnitt zufällig parallel getroffen sind.

Bei Querschnitten stellt sich die Zwischenkörnerschicht als eine Lage der Retina dar, welche entweder fein granulirt erscheint oder eine der Flächenrichtung der Netzhaut parallele Zeichnung darbietet. Sie macht im Ganzen den Eindruck, als ob sie aus einem unentwirrbaren Geflechte der feinen Fädchen bestände, in welche die Zapfen- und Stäbchenkegel zerfallen, und aus einer zwischen diese Elemente eingestreuten Molekularmasse. Ob diese Masse davon herrührt, dass die Bindesubstanz hier ein äusserst feines und dichtes Netzwerk bildet, welches die grösste Aehnlichkeit hat mit der spongiösen Bindegewebsgrundlage der grauen Masse des centralen Nervenapparates; oder ob die Stützfasern senkrecht durch diese Schicht verlaufen und innig mit einer besonderen Molekularmasse zusammenhängen, ist zur Zeit noch nicht völlig entschieden.

Noch muss ich bemerken, dass man in dieser Schicht gegen die äussere Körnerschicht hin häufig die dreieckigen Verbreiterungen der Zapfenfasern und die spindelförmigen Anschwellungen der Stäbchenfaser liegen sieht.

Meine Untersuchungen über die noch fehlenden Schichten der Retina werde ich vielleicht an einem anderen Orte mittheilen, für jetzt will ich mich damit begnügen in Kürze darzulegen, wie ich mir den

Zusammenhang der nervösen Elemente

in der Retina denke, ohne jedoch auf irgend eine physiologische Bedeutung derselben einzugehen.

Der Sehnerv strahlt, durch das Foramen centrale chorioideae durchgetreten, nach allen Seiten aus, und bildet eine von Lücken durchbrochene Lamelle. Die Faserschicht ist in der Nähe des Nervenstammes am dicksten und verjüngt sich nach der Ora serrata hin, was daher rührt, dass die Fasern successive in die nächst äussere Schicht der Retina ablenken und sich mit den Ausläufern der Nervenzellen verbinden. Es müssen sich mehrere Optikusfasern mit einem Ausläufer verbinden, da die Zahl der letzteren viel geringer ist, als die der ersteren. Andere Fortsätze der Ganglienzellen verbinden sich unter einander und anastomosiren auf die verschiedenste Weise. Wieder andere gehen nach aussen in die fein granulierte Schicht, durchsetzen sie, indem sie sich in die feinsten Fäserchen spalten, um sodann, nach Bildung eines wirklichen Plexus, ihre Aeste mit den Zellen der inneren Körnerschicht zu verbinden. Die inneren Körner besitzen nur zwei Ausläufer, mit dem central verlaufenden stehen sie auf die eben beschriebene Weise mit den Ganglienzellen in Verbindung und durch den nach aussen gerichteten bilden sie in der Zwischenkörnerschicht ein ähnliches Netzwerk, wie es in der granulösen Schicht der Fall ist. Diese nervösen Fäserchen, welche den Plexus in der Zwischenkörnerschicht bilden, sammeln sich nun zu dickeren Aestchen, welche theils mit den Stäbchen-, theils mit den Zapfenfasern zusammenhängen. Durch die Stäbchen- und Zapfenfasern nun stehen die Optikusfasern in directer Verbindung mit den Stäbchen und Zapfen selbst.

Dies ist in kurzen Zügen der Zusammenhang der nervösen Elemente in der Retina, wie ich ihn mir denke. An einzelnen Stellen ist derselbe klar und deutlich erwiesen, an anderen ist er nur noch Hypothese.

Es bleibt mir jetzt nur noch übrig einige Worte über die

Bindesubstanz der Netzhaut.

in ihrem Zusammenhange zu sprechen.

Die bindegewebigen Stützfasern durchsetzen nach meiner Ansicht alle Schichten der Retina mit Ausnahme der Stäbchenschicht. Sie bilden die Grundlage, das Gerüst der nervösen Elemente (Stroma) und bestehen aus indifferentem Bindegewebe ohne jede Aehnlichkeit, aber auch ohne jede directe Verbindung mit den Nervelementen. Das System der Stützfasern beginnt mit der Membr. limit. int., welche zwar mehr oder minder fest mit dem Glaskörper zusammenhängt, aber gleichwohl nicht mit der von ihr der Anlage nach unabhängigen Membr. hyaloidea identificirt werden darf. Die Membr. limit. int. wird gebildet, indem die einzelnen Fasern des Stützgewebes sich glockenförmig verbreiten, sich in Aeste theilen, welche sich netzförmig verbinden und endlich zu einer Membran verschmelzen. Häufig kommt aber auch diese Verschmelzung nur theilweise und an manchen Stellen gar nicht zu Stande, wodurch natürlich Lücken in der Membran zu Stande kommen. Ueberhaupt muss man sich erinnern, dass man es hier mit keiner wirklichen Membran zu thun hat.

Die Verbreiterungen der Stützfasern verschmälern sich alsbald zu schmälern oder breiteren Fasern, welche die Nervenfasern in Bündel abtheilen, sie von einander isoliren, in ihrer Lage halten und gewissermassen das Neurilem derselben bilden. Dieselben stehen in meridionalen Reihen und folgen in dieser Richtung verlaufende Blätter zusammen, zwischen welchen die nervösen Bestandtheile eingelagert sind.

Nicht bloss die Opticusfasern, sondern auch die Ganglienzellen sind von einem Netzwerke faseriger und blattartiger Ausläufer der Stützfasern umspinnen, die Zellen und ihre Ausläufer werden von ihnen umhüllt, ohne jedoch mit ihnen in irgend welchem anatomischen Zusammenhang zu treten und können ohne grosse Mühe aus ihnen isolirt werden.

Ueber den nun folgenden Theil des Stützfasersystems sind die Ansichten getheilt. Die einen mit M. Schultze an der Spitze behaupten, dass die verhältnissmässig breiten Stützfasern in der granulösen Schicht sich in ein zartes und dichtes Netzwerk auflösen, welches die grösste Aehnlichkeit habe mit der spongiösen Bindegewebsgrundlage der grauen Masse des centralen Nervenapparates. Andere lassen das Stützgewebe in glänzenden, wenig dünne Seitenäste abgeben, den Fasern diese Schicht durchsetzen und behaupten, letztere habe ihr fein granulirtes Aussehen durch eine moleculäre Masse, welche aus einer homogenen Grundsubstanz mit vielen dunklen Körnern bestehe. In wie fern die eine oder andere Ansicht gerechtfertigt ist, kann ich zur Zeit nicht entscheiden.

Wie in den vorigen Schichten, so geben die Stützfasern auch in der inneren Körnerschicht feine Aeste ab, welche die inneren Körner und ihre Fortsätze umschliessen und ein feines Netzwerk bilden. In der Regel ist in dieser Schicht an je eine Stützfasern ein ovaler Kern seitlich angeheftet, welcher sich deutlich von den inneren Körnern unterscheidet.

An der äusseren Grenze der innern Körnerschicht breiten sich die Stützfasern bogenförmig zu einem gröbern oder feineren Netzwerk aus, welches auf dickeren Schnitten nur als eine ziemlich starke, dunkle Linie, ähnlich der Membr. limit. ext. erscheint.

Das System der Stützfasern setzt sich dann in die Zwischenkörnerschicht fort. Ueber sein Verhalten in dieser Schicht bestehen dieselben Controversen, wie bei der fein granulirten Schicht.

Ueber die Zwischenkörnerschicht hinaus setzen sich die Stützfasern zum Theil noch fort bis zur Membr. limit. ext. Man beobachtet ein Netzwerk von ausserordentlicher Zartheit, welches sich in nichts von dem in der inneren Körnerschicht unterscheidet, nur fehlen hier die Zellen. Die äusseren Körner liegen in Scheiden und Hüllen, welche von dem Stützgewebe ausgehen. Im Ganzen ist das Bindegewebsgerüst in der äusseren Körnerschicht zarter und in geringerer Mächtigkeit vorhanden, als in der inneren Körnerschicht, was daher kommt, dass die Stützfasern zum Theil in der Zwischenkörnerschicht endigen.

Das Netz derselben endet scharf an der Stäbchenschicht. Man sieht die Fasern in feine Zweige zer-

fallen, welche alle in einer Ebene abschliessen. Mit den Basen der Stäbchen und Zapfen kommt durch seitliches Zusammenfliessen eine continuirliche Grenzlinie zu Stande. Die Membr. limit. ext. ist also die zu einer festeren, membranartigen, nach aussen platt begrenzten Grenzschrift sich verdichtende Binde substanz der Retina. Auch hier, wie bei der Membr. limit. int. muss man sich erinnern, dass man es nicht mit einer Membran im eigentlichen Sinne des Wortes zu thun hat.

Dass das Stützfasersystem sich noch zwischen die Stäbchen und Zapfen begibt, dass es Innen- und Ausse nglied gleichmässig umschliesst und vielleicht selbst zwischen die Lamellen der Stäbchen- und Zapfenaussenglieder hinein sich erstreckt, ist mir an keinem meiner Präparate zu Gesicht gekommen. (E. Landolt; M. Schultze.⁵⁾ Vielleicht gehören die „Nadeln“, welche ich von der Membr. limit. ext. habe ausgehen sehen, noch zu dem bindegewebigen Stützapparate.

⁵⁾ Archiv f. mikroskop. Anatomie. 1870.

THESEN.

1. Die Stäbchenaussenglieder der Retina sind aus queren Scheibchen zusammengesetzt.
 2. Das natürliche Pflanzensystem ist dem Linné'schen vorzuziehen.
 3. Die rothen Blutkörperchen haben eine Hülle.
-

Geboren am 30. August 1848 zu Oberheimbach a. Rh., erhielt ich meine Gymnasialbildung zu Trier und Coblenz. Mit dem Zeugniß der Reife wurde ich Michaelis 1868 auf der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin immatriculirt, bestand am 23. Juli 1870 das Tentamen physicum und am 20. Juni 1872 das Examen rigorosum. Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Kliniken folgender Herren: Bardeleben, du Bois-Reymond, Busch, Cohnstein, Dove, Ebert, Erhard, Frerichs, Hartmann, Hofmann, v. Langenbeck, Lewin, Martin, Jos. Meyer, Mitscherlich, Ravoth, Reichert, O. Schultzen, Schultz-Schultzenstein, Schweigger, Skrzeczka, Virchow, Waldenburg, Wegener.
